

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

15.12.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

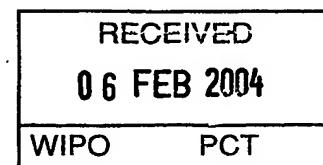
This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2002年11月19日

出願番号
Application Number: 特願2002-334501

[ST. 10/C]: [JP2002-334501]

出願人
Applicant(s): 新日本製鐵株式会社

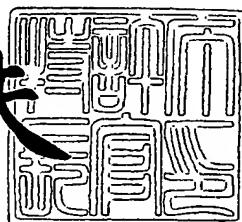


PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 1月22日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願
【整理番号】 M02134
【提出日】 平成14年11月19日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 C21D 10/00
【発明者】
【住所又は居所】 千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式会社 技術開発本部内
【氏名】 石川 忠
【発明者】
【住所又は居所】 千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式会社 技術開発本部内
【氏名】 中島 清孝
【発明者】
【住所又は居所】 千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式会社 技術開発本部内
【氏名】 野瀬 哲郎
【発明者】
【住所又は居所】 千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式会社 技術開発本部内
【氏名】 富永 知徳
【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県横浜市緑区長津田町4259番地 東京工業大学精密工学研究所内
【氏名】 肥後 矢吉
【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県横浜市緑区長津田町4259番地 東京工業大学精密工学研究所内
【氏名】 高島 和希

【特許出願人】**【識別番号】** 000006655**【氏名又は名称】** 新日本製鐵株式会社**【代理人】****【識別番号】** 100097995**【弁理士】****【氏名又は名称】** 松本 悅一**【電話番号】** 03-3503-2640**【選任した代理人】****【識別番号】** 100074790**【弁理士】****【氏名又は名称】** 椎名 疊**【手数料の表示】****【予納台帳番号】** 127112**【納付金額】** 21,000円**【提出物件の目録】****【物件名】** 明細書 1**【物件名】** 図面 1**【物件名】** 要約書 1**【包括委任状番号】** 0103030**【ブルーフの要否】** 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 表層部をナノ結晶化させた金属製品の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 金属製品の表層部をナノ結晶化させた金属製品の製造方法であって、

前記金属製品の表面を、複数方向に振動する 1 または複数の超音波振動端子で打撃する超音波衝撃処理工程と、

前記超音波衝撃処理を施した金属製品の表面を低温で熱処理してナノ結晶を析出させるナノ結晶析出工程とを有することを特徴とする表層部をナノ結晶化させた金属製品の製造方法。

【請求項 2】 前記超音波衝撃処理を施した金属製品の表層部がアモルファス状態であることを特徴とする請求項 1 に記載の表層部をナノ結晶化させた金属製品の製造方法。

【請求項 3】 前記超音波衝撃処理工程が、メカニカルアロイングを伴うものであることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の表層部をナノ結晶化させた金属製品の製造方法。

【請求項 4】 前記低温で熱処理してナノ結晶を析出させる工程は、アモルファス相とナノ結晶相とを共存させるものであることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 に記載の表層部をナノ結晶化させた金属製品の製造方法。

【請求項 5】 前記超音波衝撃処理時の雰囲気を、大気から遮断することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれかに記載の表層部をナノ結晶化させた金属製品の製造方法。

【請求項 6】 前記金属製品の表層部が鉄鋼材料で構成されており、

前記熱処理は、該鉄鋼材料の表面温度が 100 ~ 500 °C であり、処理時間が 15 分以上であることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 のいずれかに記載の表層部をナノ結晶化させた金属製品の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、表層部をナノ結晶化させた金属製品の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

海洋構造物、船舶、橋梁、自動車、産業機械、家庭電器製品、医療器械などの金属製品は、様々な分野で用いられて、他の材料に比べて強度とコスト面において優れており、産業上重要な役割を果たしている。

しかし、金属製品に要求される超高強度性、耐疲労性、耐磨耗性などの特性は、金属製品全体ではなく、特に、表層部分において重要な特性であり、必ずしも、製品全体にこのような特性を持たせる必要はない場合も多い。

【0003】

そこで、金属材料の表層部の結晶組織を制御し、材料にさまざまな優れた性質を与える方法が広く用いられている。これまで結晶組織の制御に新しいプロセスが導入される毎に、優れた材料が次々と生み出されており、今後もさらに新しいプロセスを工夫して導入することにより、一段と優れた材料を生み出す可能性を秘めている。

近年では、金属材料の結晶組織をナノメータ (nm 、 10^{-9}m) を単位として用いるのが適当なサイズ、例えば 100 nm 以下に微細化した、いわゆるナノ結晶組織を得ることにより、従来は得られなかつた優れた性質、例えば超高強度性などを得ることができる。ナノ結晶組織を持つ金属材料を得る方法としては、金属材料を一旦アモルファス状態にし、このアモルファス状態からの結晶化を行ってナノ結晶組織を得る方法が知られている。

【0004】

金属材料をアモルファス化する方法としては、金属材料の溶融液を高速急冷する方法やスパッタ製膜などの方法が用いられる。金属原子の配列をアモルファスの状態にすると、結晶状態の金属では得られない特異な性質が得られ、高強度、耐食性、高透磁率などの優れた性質を有する金属材料を得ることができることが知られている。このアモルファス状態の金属材料を低温で熱処理することによって、ナノメータ (nm 、 10^{-9}m) サイズの微細な結晶、即ちナノ結晶を析出させることができ、こうすることによってアモルファス金属よりもさらに優れた

性質、例えば超高強度を示す金属材料や、磁気特性の優れた金属材料（例えば特開平1-110707号公報または特許第1944370号公報参照）などが得られる。

【0005】

このように、金属材料をアモルファスの状態にし、次いで低温熱処理を行ってナノ結晶を析出させる方法は、従来の方法では得られなかつた優れた性質や機能を金属材料に付与する方法として注目すべきである。しかしながら、この方法を用いた金属材料を実用に供するに当たっては、以下に述べるような問題点があつた。

まず、アモルファス状態の金属材料を得る方法としては、前述の金属材料の溶融液の高速急冷やスパッタ製膜に方法があるが、これらの方法は高速急冷や膜形成を行うため、広く一般の形状の成形体や構造物などの金属製品に適用することが困難であり、その形状や寸法などに大きな制約があった。

また、金属材料をアモルファス状態にし、これにナノ結晶を析出させる方法としては、前述の方法のほかに、次のような方法が知られている。すなわち、金属材料の粉末をボールミルなどで処理し、材料表面層に強加工を施すことにより、材料をアモルファス化し、次にこの材料を熱処理することによって、ナノ結晶の析出した金属粉末を得るものである。このようにして作製された金属粉末は、そのままアモルファス金属の合金粉末として用いるだけでなく、加圧成形して広く一般の形状の成形体や構造物などの金属製品として使用することが望ましい。この目的で十分な強度を有する成形体を得るためにには、この粉末を高温で加圧成形し、あるいはこの成形体に溶接を行って、所定の構造物を製作することが必要になる。

【0006】

ところが、アモルファス金属の合金粉末をこのような高温の工程を通過させると、粉末のナノ結晶組織は消失し、大きな結晶組織に変化してしまう。このため、ナノ結晶を析出させた金属粉末からはナノ結晶組織の特徴を生かした成形体や構造物などの金属製品を得ることはできなかった。

なお、例えば、特許文献3に、溶接継手部に超音波振動を与えることによって

、疲労強度を向上させる方法が開示されているが、超音波振動を金属製品の表層部のナノ結晶化に利用することは全く開示されていない。

【0007】

【特許文献1】 特開平1-110707号公報

【特許文献2】 特許第1944370号公報

【特許文献3】 米国特許第6,171,415号明細書

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、前述のような従来技術の問題点を解決し、表層部をナノ結晶化させた金属製品の製造方法を提供することを課題とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本発明は前述の課題を解決するために鋭意検討の結果なされたもので、金属製品の表面を超音波振動端子で打撃する超音波衝撃処理を施すことにより、表層部を強加工し、続いてこれを低温で熱処理して表層部をナノ結晶化させた金属製品の製造方法を提供するものであり、その要旨とするところは特許請求の範囲に記載した通りの下記内容である。

【0010】

(1) 金属製品の表層部をナノ結晶化させた金属製品の製造方法であって、

前記金属製品の表面を、複数方向に振動する1または複数の超音波振動端子で打撃する超音波衝撃処理工程と、

前記超音波衝撃処置を施した金属製品の表面を低温で熱処理してナノ結晶を析出させるナノ結晶析出工程とを有することを特徴とする表層部をナノ結晶化させた金属製品の製造方法。

本発明において、金属製品とは橋梁や建築物などのいわゆる鋼構造物だけでなく、金属部品、鋼板やアルミ製品、チタン製品など、金属で構成されている製品を広く含む。

また、ナノ結晶とは、ナノメータサイズ、即ち $10^{-9}m$ サイズの微細な結晶をいい、その粒径の具体的な範囲は、その示す性質から平均粒径が $1 \sim 100\text{ n}$

m、より好ましくは3～30nmである。

(2) 前記超音波衝撃処理を施した金属製品の表層部がアモルファス状態であることを特徴とする(1)に記載の表層部をナノ結晶化させた金属製品の製造方法。

【0011】

(3) 前記超音波衝撃処理工程が、メカニカルアロイングを伴うものであることを特徴とする(1)または(2)に記載の表層部をナノ結晶化させた金属製品の製造方法。

(4) 前記低温で熱処理してナノ結晶を析出させる工程は、アモルファス相とナノ結晶相とを共存させるものであることを特徴とする(1)乃至(3)に記載の表層部をナノ結晶化させた金属製品の製造方法。

(5) 前記超音波衝撃処理時の雰囲気を、大気から遮断することを特徴とする(1)乃至(4)のいずれかに記載の表層部をナノ結晶化させた金属製品の製造方法。

(6) 前記金属製品の表層部が鉄鋼材料で構成されており、前記熱処理は、該鉄鋼材料の表面温度が100～500℃であり、処理時間が15分以上であることを特徴とする(1)乃至(5)のいずれかに記載の表層部をナノ結晶化させた金属製品の製造方法。

【0012】

【発明の実施の形態】

本発明の実施の形態について、図1乃至図4を用いて詳細に説明する。

<第1の実施形態>

図1は、表層部をナノ結晶化させた金属製品の製造方法における第1の実施形態を示す図である。

図1において、1は超音波振動装置、2は超音波振動端子、3はシールドガス供給装置を示す。

まず、図1に示すように、金属製品の表面を、超音波振動端子2で打撃する。

本実施形態では、超音波振動端子2は複数(3本)設けられており、それぞれ異なる方向に振動端子の先端部を振動させることができる構造になっている。

このように、金属製品の表面を、複数方向に振動する 1 または複数の超音波振動端子で打撃する理由は以下の通りである。

超音波振動端子を 1 方向のみに振動させた打撃による加工では、金属製品の表層部の集合組織が発達して、結晶粒が等軸化せず、パンケーキ状の結晶粒に変形するだけで、大傾角粒界を形成しない。

【0013】

そこで、複数の超音波振動端子を用いて、複数の異なる方向に超音波振動端子の先端部を振動させながら金属製品の表面を打撃することによって、集合組織の形成が抑制され、結晶粒が等軸化するので、超音波衝撃処置を施した金属製品の表面を低温で熱処理することによって表層部をナノ結晶化させることができる。

この超音波衝撃処理は、金属製品の表層部、例えば表層 $100 \mu m$ の範囲を強加工することによって結晶配列を十分に乱されて結晶としての性質を失って、例えば転位が移動できない程度に原子配列が乱された状態であればよい。

さらに、ナノ結晶化し易くするために、超音波衝撃処理によって、金属製品の表層部、例えば表層 $100 \mu m$ の状態が、長周期の原子配列を持たないアモルファスの状態とすることが好ましい。

【0014】

また、超音波衝撃処理は、冷間で行う。冷間でなく、再結晶化温度やそれ以上の温度で行うと、強加工によって結晶配列の失われた層の再結晶化が急速に進み、粒子サイズの大きな結晶が生じるため、ナノ結晶組織を得ることが困難だからである。従って、超音波衝撃処理の温度は金属材料の再結晶温度よりも十分低い温度とする必要がある。

超音波衝撃処理には加工発熱が伴うので、例えば、必要に応じて金属製品の表面を冷却することにより、打撃処理を行う表層部が再結晶温度に近づかないようにする。

本発明においては、複数の振動方向の角度は問わないが、できる限り異なる方向から打撃するため、図 1 に示す、金属製品の表面に対する入射角 (θ) を 30 度以上とすることが好ましい。

【0015】

超音波衝撃処理の後に行う、低温で熱処理してナノ結晶を析出させるナノ結晶析出工程は、結晶粒が大きく成長しない低温度の熱処理を用いる。熱処理温度は、材料が実際に使用される環境温度よりも高い温度を選択し、クーパーヒーターなどを用いて十分な時間をかけて処理すれば、安定なナノ結晶を得ることができる。

本発明において、ナノ結晶構造を構成する結晶粒子の径は、金属材料の組成や目的に応じて適宜選択することができるが、平均径が $1 \sim 100\text{ nm}$ 、より好ましくは $3 \sim 30\text{ nm}$ である。

シールドガス供給装置3は、アルゴン、ヘリウム、CO₂などの不活性ガスを超音波振動端子の先端部に吹付けることによって、超音波衝撃処理時の雰囲気を、大気から遮断する装置であり、その作用・効果は後述する。

なお、金属製品が鉄鋼材料で構成されている場合は、前記熱処理は、該鉄鋼材料の再結晶のし易さ等を考慮し、表面温度を $100 \sim 500^\circ\text{C}$ 、処理時間を15分以上の範囲で適宜選択することが好ましい。

【0016】

図2は、表層部をナノ結晶化させた金属製品の製造方法における第1の実施形態を示す図であり、図1のX-X'平面図である。

図2において、超音波振動端子2は、互いに120度の角度で配置されており、超音波振動端子の先端部を異なる方向に振動させ易い構造となっている。

図3は、表層部をナノ結晶化させた金属製品の製造方法における第1の実施形態を示す図であり、図1のA, B, Cの振動端子の振動波形を例示する図である。

図3において、A, B, Cの振動波形を、例えば1/3周期ずつ、ずらすことによって、超音波振動端子2の先端部を順次異なる方向に振動させることができるので、金属製品の表層部の組織を効率的にナノ結晶化させることができる。

【0017】

<第2の実施形態>

図4は、表層部をナノ結晶化させた金属製品の製造方法における第2の実施形態を示す図である。

図4において、1は超音波振動装置、2は超音波振動端子を示す。

本実施形態においては、複数の超音波振動端子2を束ねて用い、束ねた超音波振動端子2の全体を上下方向と左右方向に同時に振動させる。

そのため、上下方向、左右方向それぞれの方向の超音波振動を発生させるために、複数の超音波振動装置1を設けている。

このように、超音波振動端子2を、上下、左右に同時に振動させて金属製品の表面を打撃することによって、集合組織の形成が抑制され、結晶粒を等軸化させることができるので、超音波衝撃処置を施した金属製品の表面を低温で熱処理してナノ結晶を析出させることにより、表層部をナノ結晶化させることができる。

なお、超音波振動端子2は単数として、上下、左右に振動させてもよく、また、左右の振動の代わりに、超音波振動端子を旋回または揺動させても同様の効果を得ることができる。

【0018】

<第1および第2に共通の実施形態>

発明者らは、超音波打撃処理を行う際に、窒素が侵入すると、コットレル霧囲気を形成して強度が上昇するが、韌性が低下することがあり、好ましくないことを知見した。

また、発明者らは、超音波衝撃処理を大気中で行うと、表層部の金属が大気中の酸素と反応して、酸化層が形成されてしまうため、ナノ結晶化しても所定の機能が発揮できないこともあることを知見し、酸化層の最小化が課題であることを見出した。

そこで、ナノ結晶化した層の厚みを確保し、酸化層の厚みを極力抑制するために、超音波衝撃処理時の霧囲気を、大気から遮断することが好ましい。

酸素を遮断することによって、表面の酸化を防止することができるからである。

。

【0019】

本発明においては、霧囲気の遮断方法は問わないが、超音波振動端子の先端に、アルゴン、ヘリウム、CO₂等の不活性ガスを吹付けて酸素分率が空気よりも低い環境に制御することが好ましい。これによって、酸化層は消滅し、かつ窒素

侵入による脆化現象も防止できる。

超音波衝撃処理を施した金属製品の表層部を再結晶化処理してナノ結晶を析出させる工程においては、強加工状態相を残さずにナノ結晶を析出させることもできるし、また、強加工状態相、例えばアモルファス相とナノ結晶相とを共存させるようになることもできる。アモルファス相とナノ結晶相とを共存させることによって、材料の強度を高め、また、耐食性を高く保つことが可能である。この場合にナノ結晶構造の効果を得るために結晶相のアモルファス相に対する体積比は15対85以上であることが好ましく、前述の結晶相とアモルファス相との共存の効果を得るための結晶相のアモルファス相に対する体積率は80対20以下とすることが好ましい。

【0020】

本発明の表層部をナノ結晶化させた金属製品の製造方法においては、超音波衝撃処理工程が、メカニカルアロイングを伴うようにすることができる。

例えば、超音波振動端子と金属製品の表層部とが互いに組成変形してこれらの間のメカニカルアロイングを生じるようにすることができる。このために超音波振動端子の材料組成を選んで用い、メカニカルアロイングを伴ったアモルファス状態の金属製品の表層部をナノ結晶構造にすることにより、所望の合金組成のナノ結晶組織を得たり、あるいはナノ結晶の周囲に所望の組成を持たせたりすることができる。

このようにして、金属製品の表層部の超音波衝撃処理においてアモルファス化と同時にメカニカルアロイングを生じるようにすることによって、さらに優れた特性を持つナノ結晶化した金属製品をえることができる。

本発明によれば、例えば、鋼構造物や鋼構造品などの金属製品として最終の形状に加工、組み立てされた後で、その表層部をナノ結晶化することができるので、必要最小限で済むメリットがあるが、素材段階で本発明を適用し、構造物や鋼構造品などの金属製品に最終加工された後に、加工によって損なわれた領域のみを補修する形で適用することもできる。

なお、本発明は、金属製品のナノ結晶化して改質したい領域に局所的に適用しても良いし、金属製品全体に適用してもよい。

【0021】

金属製品全体に適用する場合には、金属製品を構成する鋼板などの素材にあらかじめ、本発明の超音波衝撃処理を施し、表層をナノ結晶化した素材を用いて金属製品を製造することが好ましい。

本発明に使用する超音波発生装置は問わないが、2w～3kwの超音波発生源を用いて、トランスデューサによって2kHz～60kHzの超音波振動を発生させ、ウェーブガイドにて増幅させることにより、1mm～5mmの径のピンからなる超音波振動端子を20～60μmの振幅で振動させる装置が好ましい。

ただし、本発明の第1の実施形態における超音波振動端子の先端部は複数の超音波振動端子からの振動を受けるため、その形状は丸型とし、直径は10mm以上にすることが好ましい。

以上の表層部をナノ結晶化させた金属製品の製造方法を用いることによって、表層部が、例えば超高強度化や高韌性化された金属製品を提供することができる。

【0022】**【実施例】**

本発明の表層部をナノ結晶化させた金属製品の製造方法を、実際の金属製品に適用した場合を想定した実験を行った結果を表1乃至表3に示す。

表1は、金属製品を構成する素材A（A1～A13）の化学成分および板厚を示す。

表2は、超音波衝撃処理条件、熱処理条件、および試験結果を示す。

*1) 加工種類は、表3に示すように、超音波振動端子として丸型のハンマを用いた。

*2) <改質層の厚み>

表2における改質層の厚みとは、金属製品の微視組織が変化しており、アルファス化あるいは、結晶粒微細化が生じている層の表面からの厚みを示す。

*3) <ナノ結晶化率(%)>

表2におけるナノ結晶化率とは、改質層において、結晶粒径が、電子顕微鏡で判別可能な限り、かつ結晶粒径が1μm未満である領域の面積率(%)を示

す。

<アモルファス化率 (%) >

表2におけるアモルファス化率とは、改質層において、電子顕微鏡で結晶粒として判別できない領域の面積率(%)を示す。

* 4) <当該表層部の改質前後での硬さ比>

表2における当該表層部の改質前後での硬さ比とは、本発明の適用前の金属製品の表層部の硬さに対する適用後の硬さの比を示す。

* 5) <マイクロ試験片による疲労試験結果>

超音波打撃により改質された層をふくむ領域を、イオンスパッター加工により走査電子顕微鏡内で観察しながら、試験片を切り出し加工した。

試験片の寸法は、厚さ $20 \mu\text{m}$ × 幅 $100 \mu\text{m}$ × 長さ $800 \mu\text{m}$ とし、このマイクロ試験片を用いて、マイクロ試験装置にて、疲労試験をおこない、S-N線図をもとめ、100万回で破断する疲労強度を、次式により定義する改質前後での疲労強度の向上率によって評価した。

改質前後での疲労強度の向上率 = (改質層での100万回の疲労強度) / (改質していない領域から採取した試験片での100万回の疲労強度)

* 6) <マイクロ試験片による腐食減量評価結果>

超音波打撃により改質された層をふくむ領域を、イオンスパッター加工により走査電子顕微鏡内で観察しながら、試験片を切り出し加工した。

試験片の寸法は、厚さ $20 \mu\text{m}$ × 幅 $100 \mu\text{m}$ × 長さ $800 \mu\text{m}$ とし、このマイクロ試験片を用いて、塩水噴霧腐食試験を実施した。腐食試験は、腐食条件や材料の腐食感受性により、結果の一義的な評価は極めて難しい。

そこで、改質していない領域から採取したマイクロ試験片と、改質層から採取したマイクロ試験片を同時に同一条件下で、腐食試験を実施し、腐食による重量減少量の経時変化を測定した。

改質層でない領域から採取した試験片の腐食減少量が30%となった時点で、改質層から採取した試験片の腐食減量を測定し、その比率を、次式により定義する改質前後での腐食減量の向上率によって評価した。

改質前後での腐食減量の向上率 = (改質層での腐食減量) / (改質していな

い領域から採取した試験片での腐食減量)

No.1～No.18は全て本発明の条件を満足する発明例であり、鋼構造物、部品、
鋼板、アルミ製品、チタン製品などの金属製品に、本発明を適用することにより
、耐磨耗性、耐疲労特性、および耐食性を著しく向上させることができることが
確認された。

【表1】

表1

NO.	材質	化学成分(質量%)												板厚 t (mm)			
		C	Si	Mn	P	S	Al	Ti	Ni	Cu	Mg	Mo	Cr	Nb	V	B	
A1	鋼材	Fa	0.10	0.26	1.18	0.008	0.003	0.028	0.009	0	0.02	0.02	0.12	25	25		
A2	鋼材	Fe	0.08	0.21	1.46	0.008	0.003	0.021	0.010		0.0064		0.02		0.0016	80	
A3	鋼材	Fe	0.08	0.27	1.38	0.008	0.004	0.011	0.008	0.41	0.40	0	0.004	0.05	70		
A4	鋼材	Fe	0.04	0.18	1.44	0.009	0.005	0.022	0.015	0.14	0.15	0.0002	0.3	0.2	0.01	0.2	70
A5	鋼材	Fe	0.07	0.25	1.30	0.007	0.003	0.015	0.014		0.0017		0.02	0.1		40	
A6	鋼材	Fe	0.04	0.11	0.92	0.009	0.005	0.022	0.015	3.50	0.0002	0.3	0.2	0.01	0.2	70	
A7	鋼材(耐候性鋼)	Fe	0.27	0.25	1.41	0.008	0.003	0.029			0.52			0.0012	30		
A8	鋼材(ステンレス鋼)	Fe	0.08	0.80	0.18	0.002	0.002			10.00		19				20	
A9	鋼材(耐熱鋼)	Fe	0.08	0.24	0.55	0.005	0.003	0.075		10.20		1	0.02	0.07	0.2	20	
A10	アルミニウム	Al	0.30	0.61							0.55	1.0000	0.05		Zn: 0.2	20	
A11	チタン合金	Ti		2.20				2.100	殘							15	
A12	マグネシウム合金	Mg		0.12				2.000	0.10	0.01	殘				Zn: 1.1	35	
A13	NiCr-バー合金	Ni	0.05	0.40	0.50			0.750	殘	0.05		15	0.9	Fs: 7.0	20		

【表2】

表2

NO.	適用物	素材A (*)1	超音波処理装置					加工後の熟处理					加工後の生地				
			加工種類	効率化 (W)	出力 (W)	周波数 (Hz)	処理時間 (分)	当該部の処理 中の温度 (°C)	熟處理溫 度(°C)	処理時間 (分)	熟處理 度(°C)	表面層の 厚み (μm)	ナノ結晶 化率(%) (*)3	アモルファス 化率(%) (*)3	当該表面部の 改質前後の 面積比(%) (*)4	当該表面部の による堅韧性 強度比(%) (*)5	マイクロ試験片 による耐食性 強度比(%) (*)6
1	接着剤	A1	H①	超音波A	1000	40	3	50	200	600	1200	85	15	3.8	3.159	1.00	耐候性、耐食性等 耐候性、耐食性等 (期待される機能)
2	接着剤	A1	H①	大気中	500	60	3	45	240	20	450	75	25	3.2	2.76	0.71	耐候性、耐食性等 耐候性、耐食性等 (期待される機能)
3	接着剤	A2	H②	超音波A	1000	20	10	90	450	30	200	65	35	2.8	2.373	0.56	耐候性、耐食性等 耐候性、耐食性等 (期待される機能)
4	接着剤	A2	H②	超音波A	1000	10	2	120	200	70	3400	20	80	1	0.718	0.28	耐候性、耐食性等 耐候性、耐食性等 (期待される機能)
5	接着剤	A3	H②	超音波A	1000	2	1	200	100	20	2100	15	85	0.8	0.618	0.29	耐候性、耐食性等 耐候性、耐食性等 (期待される機能)
6	接着剤	A4	H②	超音波A	600	40	3	90	300	14	700	85	15	3.8	3.169	1.00	耐候性、耐食性等 耐候性、耐食性等 (期待される機能)
7	接着剤	A5	H②	超音波A	1000	2	60	20	80	5	10	3.8	3.363	0.29	耐候性、耐食性等 耐候性、耐食性等 (期待される機能)		
8	接着剤	A6	H③	超音波A	1000	20	2	70	230	35	200	25	75	1.2	0.845	0.71	耐候性、耐食性等 耐候性、耐食性等 (期待される機能)
9	接着剤	A7	H②	超音波A	1000	10	4	40	150	70	3200	75	25	3.2	2.78	0.71	耐候性、耐食性等 耐候性、耐食性等 (期待される機能)
10	接着剤	A8	H①	超音波A	600	2	5	35	300	50	1200	80	20	3.4	2.958	0.83	耐候性、耐食性等 耐候性、耐食性等 (期待される機能)
11	接着剤	A12	H③	超音波A	200	60	2	200	100	40	300	80	20	3.4	2.959	0.83	耐候性、耐食性等 耐候性、耐食性等 (期待される機能)
12	接着剤	A13	H③	超音波A	2	20	30	40	350	5	25	25	3.2	2.76	0.71	耐候性、耐食性等 耐候性、耐食性等 (期待される機能)	
13	接着剤	A1	H①	超音波A	1000	40	3	130	100	40	2500	80	20	3.4	2.958	0.83	耐候性、耐食性等 耐候性、耐食性等 (期待される機能)
14	接着剤	A1	H①	超音波A	500	60	3	45	400	8	25	60	20	3.4	2.958	0.83	耐候性、耐食性等 耐候性、耐食性等 (期待される機能)
15	接着剤	A2	H①	超音波A	200	20	10	90	600	3	1200	75	25	3.2	2.76	0.71	耐候性、耐食性等 耐候性、耐食性等 (期待される機能)
16	接着剤	A2	H①	超音波A	1000	10	2	200	550	35	210	25	75	1.2	0.946	0.29	耐候性、耐食性等 耐候性、耐食性等 (期待される機能)
17	接着剤	A3	H①	超音波A	1000	2	1	150	450	70	1300	30	3	2.595	0.63	耐候性、耐食性等 耐候性、耐食性等 (期待される機能)	
18	接着剤	A4	H①	超音波A	500	40	3	300	100	20	700	20	80	1	0.78	0.28	耐候性、耐食性等 耐候性、耐食性等 (期待される機能)

【表3】

タイプ	加工部	先端部の形状	多軸加工のタイプ
H①	ハンマー	丸型	図1,2タイプ
H②	ハンマー	丸型	図4タイプ
H③	ハンマー	丸型	ハンマーを回転

【0023】

【発明の効果】

本発明によれば、金属製品の表面を超音波振動端子で打撃する超音波衝撃処理を施すことにより、表層部を強加工し、続いてこの低温で熱処理して表層部に表層部をナノ結晶化させた金属製品の製造方法を提供することができ、産業上有用な著しい効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】 表層部をナノ結晶化させた金属製品の製造方法における第1の実施形態を示す図である。

【図2】 表層部をナノ結晶化させた金属製品の製造方法における第1の実施形態を示す図であり、図1のX-X'平面図である。

【図3】 表層部をナノ結晶化させた金属製品の製造方法における第1の実施形態を示す図であり、図1のA, B, Cの振動端子の振動波形を例示する図である。

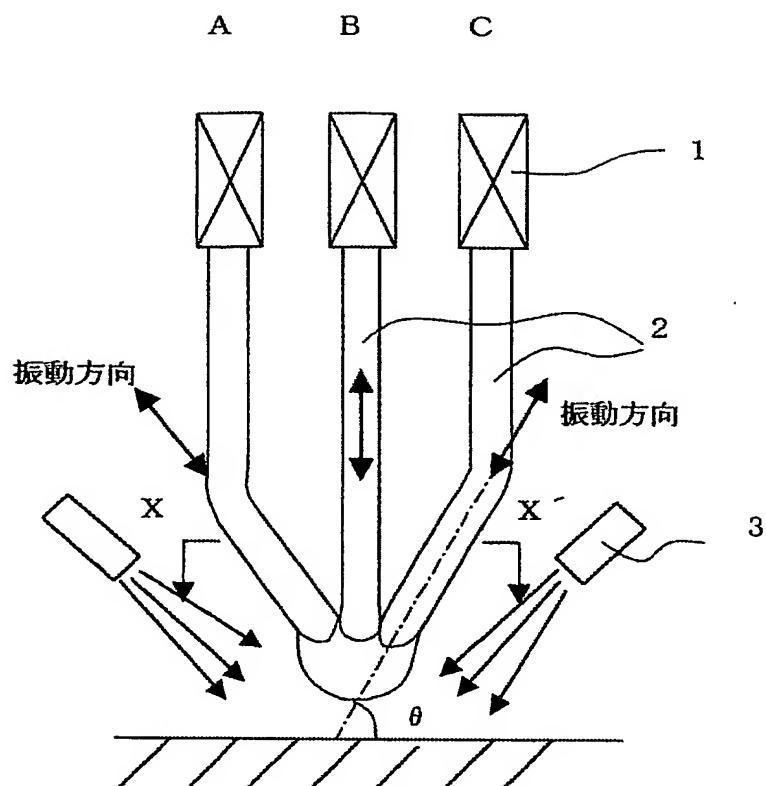
【図4】 表層部をナノ結晶化させた金属製品の製造方法における第2の実施形態を示す図である。

【符号の説明】

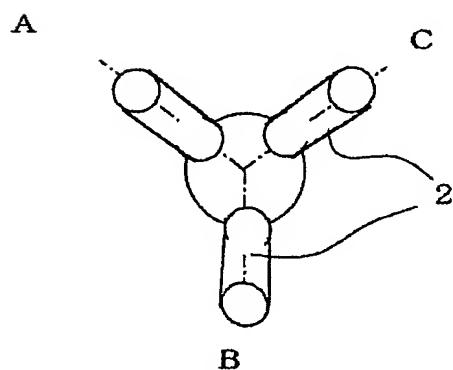
- 1：超音波振動装置、
- 2：超音波振動端子、
- 3：シールドガス供給装置、

【書類名】 図面

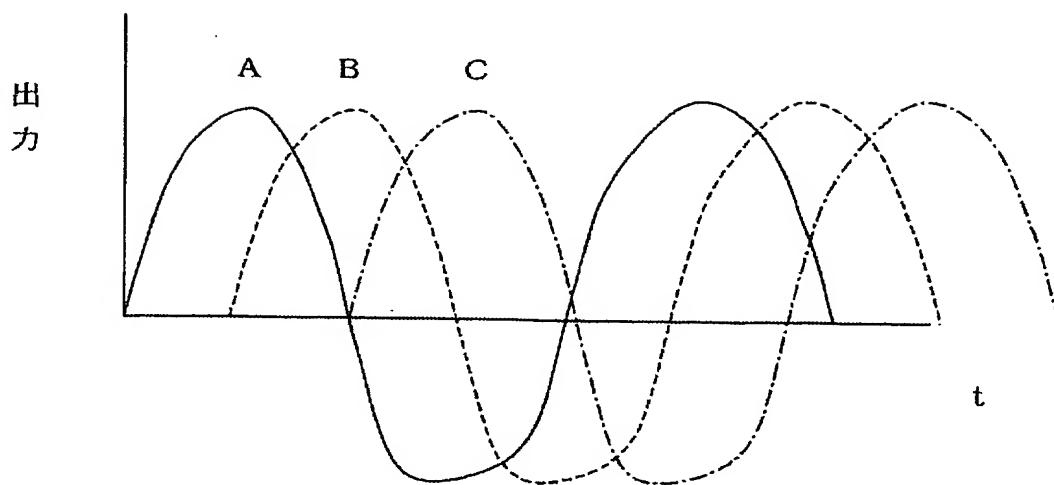
【図1】



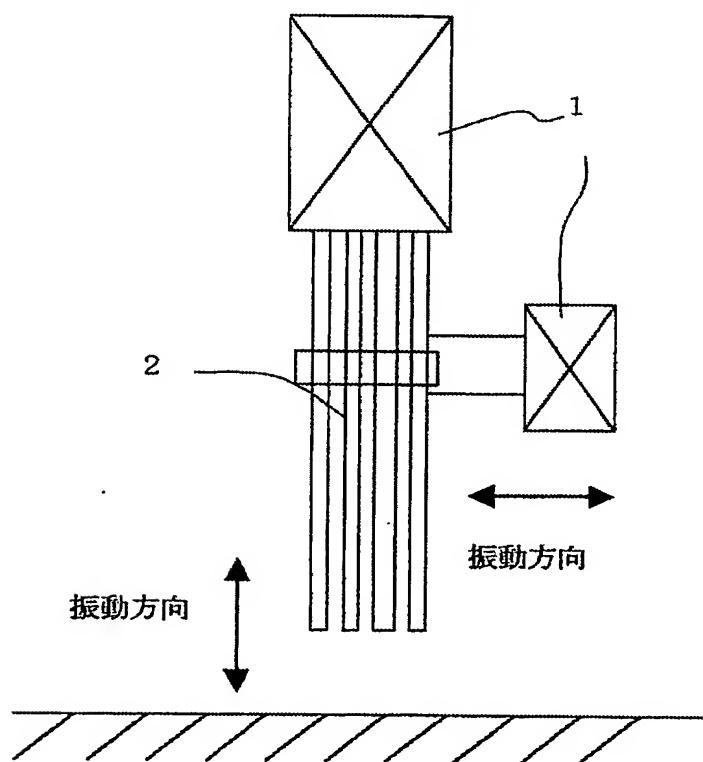
【図2】



【図3】



【図4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 表層部をナノ結晶化させた金属製品の製造方法を提供する。

【解決手段】 金属製品の表層部をナノ結晶化させた金属製品の製造方法であって、前記金属製品の表面を、複数方向に振動する 1 または複数の超音波振動端子で打撃する超音波衝撃処理工程と、前記超音波衝撃処置を施した金属製品の表面を低温で熱処理してナノ結晶を析出させるナノ結晶析出工程とを有することを特徴とする表層部をナノ結晶化させた金属製品の製造方法。

【選択図】 図 1

特願 2002-334501

ページ： 1/E

出願人履歴情報

識別番号

[000006655]

1. 変更年月日

[変更理由]

住 所

氏 名

1990年 8月10日

新規登録

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

新日本製鐵株式会社